

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-295529

(43)Date of publication of application : 29.10.1999

(51)Int.Cl.

G02B 6/00  
G02B 6/12  
H04B 10/14  
H04B 10/135  
H04B 10/13  
H04B 10/12

(21)Application number : 10-094361

(22)Date of filing : 07.04.1998

(71)Applicant : NEC CORP

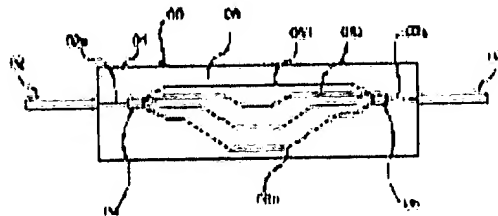
(72)Inventor : TAKAHASHI SEIGO  
ARAKI SOICHIRO  
SUEMURA TAKEHIKO  
TAJIMA AKIO  
MAENO YOSHIHARU  
HENMI NAOYA

## (54) ADJUSTER FOR EQUALIZING LENGTH OF OPTICAL FIBER AND ADJUSTMENT METHOD FOR EQUALIZING LENGTH OF OPTICAL FIBER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an adjuster for equalizing the length of optical fibers capable of highly accurately equalizing the length of the optical fibers by simple constitution.

SOLUTION: A delay waveguide group 06 composed of plural delay waveguides 061-06n respectively, different in optical path lengths is formed on a waveguide substrate 01, the delay waveguide group 06 and an input side optical fiber 02 are connected through an input side branching part 04 and the delay waveguide group 06 and an output side optical fiber 03 are connected through an output side joining part 05. The input side branching part 04 and the output side joining part 05 function as optical switches and by selecting the delay waveguide provided with an optimum delay amount from the plural delay waveguides 061-06n, fiber errors generated at the time of manufacturing a fiber connector are absorbed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.04.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

20.01.2000

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-295529

(43) 公開日 平成11年(1999)10月29日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
G 0 2 B 6/00	3 2 1	G 0 2 B 6/00 3 2 1
6/12		6/12 H
H 0 4 B 10/14		H 0 4 B 9/00 Q
10/135		
10/13		

審査請求 有 請求項の数23 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-94361

(22) 出願日 平成10年(1998) 4 月 7 日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 高橋 成五

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 荒木 壮一郎

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 末村 剛彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 天野 広

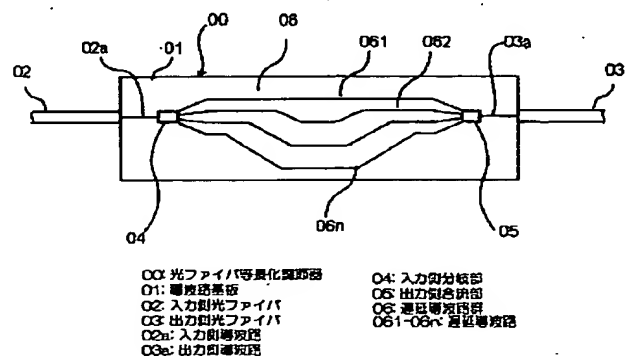
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバ等長化調整器及び光ファイバ等長化調整方法

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構成で高精度に光ファイバの等長化を行うことができる光ファイバ等長化調整器を提供する。

【解決手段】 導波路基板01上に光路長がそれぞれ異なる複数の遅延導波路061-06nからなる遅延導波路群06を形成し、遅延導波路群06と入力側光ファイバ02とを入力側分岐部04を介して接続し、かつ、遅延導波路群06と出力側光ファイバ03とを出力側合流部05を介して接続する。入力側分岐部04及び出力側合流部05は光スイッチとして機能し、複数の遅延導波路061-06nから最適な遅延量を有する遅延導波路を選択することにより、ファイバコネクタ製造時に発生するファイバ誤差を吸収する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 導波路基板と、該導波路基板上に形成されている光導波路回路とからなる光ファイバ等長化調整器であって、  
前記光導波路回路は、  
光路長のそれぞれ異なる複数の遅延導波路からなる遅延導波路群と、  
前記遅延導波路群と入力側光ファイバとを接続する入力側接続部と、  
前記遅延導波路群と出力側光ファイバとを接続する出力側接続部と、  
からなるものであることを特徴とする光ファイバ等長化調整器。

【請求項 2】 前記遅延導波路間の光路長の差は、遅延導波路の経路長の差又は屈折率の差によるものであることを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバ等長化調整器。

【請求項 3】 前記遅延導波路群を構成する導波路の数は、吸収されるべき光ファイバ長の誤差の関数であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光ファイバ等長化調整器。

【請求項 4】 前記導波路基板上に形成され、前記遅延導波路を加熱し、可逆的に屈折率を変化させるためのヒーターをさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の光ファイバ等長化調整器。

【請求項 5】 前記遅延導波路群を構成する前記遅延導波路の各々には光信号の透過量を調整する透過量調整領域が形成されており、前記入力側接続部はこれらの透過量調整領域を調整し、光信号が 1 つの遅延導波路のみを透過し得るようにするものであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の光ファイバ等長化調整器。

【請求項 6】 前記入力側導波路及び前記出力側導波路のうちの少なくとも一方は稀土類イオンを添加した導波路からなり、  
前記光ファイバ等長化調整器は、  
前記入力側導波路又は前記出力側導波路を励起させる励起光を発する励起光源と、  
前記励起光を前記入力側導波路又は前記出力側導波路に合流させる合流器とをさらに備え、  
前記合流器は前記導波路基板上に形成されているものであることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の光ファイバ等長化調整器。

【請求項 7】 前記入力側接続部及び前記出力側接続部のうちの少なくとも一方又は前記遅延導波路のうちの少なくとも何れか一つに信号光の経路を選択する手段が設けられており、  
該経路選択手段は、前記遅延導波路群から最適な遅延時間を持つ 1 つの遅延導波路を選択し、その遅延導波路を経由して前記入力側導波路から前記出力側導波路へ信号

光を透過させることにより、信号光の透過遅延時間を調整するものであることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の光ファイバ等長化調整器。

【請求項 8】 前記入力側接続部及び前記出力側接続部のうちの少なくとも一方は、導波路の屈折率変化に応じて、前記遅延導波路を通過する経路を変更することができる光スイッチからなるものであることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の光ファイバ等長化調整器。

【請求項 9】 前記入力側接続部及び前記出力側接続部のうちの少なくとも一方は、前記入力側導波路又は前記出力側導波路と前記遅延導波路群との間で既に確立されている複数の接続の中から最適な遅延量となる唯一の経路をトリミングにより選択する光スイッチからなるものであることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の光ファイバ等長化調整器。

【請求項 10】 前記入力側接続部及び前記出力側接続部のうちの少なくとも一方は、前記遅延導波路群から最適な遅延量となる唯一の接続を選択し、前記入力側導波路又は前記出力側導波路をトリミングすることにより導波路を形成する光スイッチからなるものであることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の光ファイバ等長化調整器。

【請求項 11】 前記入力側接続部及び前記出力側接続部のうちの少なくとも一方は、光信号の経路を変更した後、その状態が恒常的に保持される形式の光スイッチからなるものであることを特徴とする請求項 8 に記載の光ファイバ等長化調整器。

【請求項 12】 前記入力側接続部及び前記出力側接続部のうちの少なくとも一方は、 $1 \times n$  光スイッチを多段に接続したものからなることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の光ファイバ等長化調整器。

【請求項 13】 前記遅延導波路群は、単位遅延時間の異なる粗調整用遅延導波路と微調整用遅延導波路とを直列に組み合わせたものであることを特徴とする請求項 1 乃至 12 の何れか一項に記載の光ファイバ等長化調整器。

【請求項 14】 同一基板上に集積形成された複数の請求項 1 乃至 13 の何れか一項に記載した光ファイバ等長化調整器と、  
複数の光ファイバをテープ化したアレイファイバと、からなり、  
前記光ファイバ等長化調整器の各々は前記光ファイバと一対一の関係で接続されていることを特徴とするアレイ型光ファイバ等長化調整器。

【請求項 15】 前記アレイファイバは稀土類イオンを添加したファイバンプアレイであり、  
光源から前記ファイバンプアレイへ前記ファイバンプアレイの励起光を導入する方向性結合器型合流部を等長化調整器と一体形成することにより前記ファイバンプ

10

20

30

40

50

ブアレイを等長化することを特徴とする請求項 1 4 に記載のアレイ型光ファイバ等長化調整器。

【請求項 1 6】 希土類イオンを含む複数の光ファイバからなるアレイファイバアンプと、該アレイファイバアンプの一端に接続された遅延調整装置とからなり、前記遅延調整装置は、  
光導波路基板と、  
少なくとも一つの励起光源と、  
複数の心線からなるテープファイバと、  
前記光導波路基板上に形成され、前記アレイファイバアンプと前記テープファイバとを接続する複数の光信号導波路と、  
前記光導波路基板上に形成され、前記光信号導波路と接続する複数の励起光導波路と、  
前記励起光源と前記励起光導波路とを接続する光ファイバと、  
前記光導波路基板上に形成され、前記光信号導波路と前記励起光導波路とをそれぞれ結合させる方向性結合器と、  
からなるものであるアレイ型光ファイバ等長化調整器。

【請求項 1 7】 希土類イオンを含む複数の光ファイバからなるアレイファイバアンプと、該アレイファイバアンプの両端に接続された遅延調整装置とからなり、前記遅延調整装置は、  
光導波路基板と、  
少なくとも一つの励起光源と、  
複数の心線からなるテープファイバと、  
前記光導波路基板上に形成され、前記アレイファイバアンプと前記テープファイバとを接続する複数の光信号導波路と、  
前記光導波路基板上に形成され、前記光信号導波路と接続する複数の励起光導波路と、  
前記励起光源と前記励起光導波路とを接続する光ファイバと、  
前記光導波路基板上に形成され、前記光信号導波路と前記励起光導波路とをそれぞれ結合させる方向性結合器と、  
からなるものであるアレイ型光ファイバ等長化調整器。

【請求項 1 8】 前記励起光源は前記光導波路基板上に形成され、前記励起光源は前記励起光導波路に直接接続されていることを特徴とする請求項 1 6 又は 1 7 に記載のアレイ型光ファイバ等長化調整器。

【請求項 1 9】 前記方向性結合器はグレーティング反射器を構成しているものであることを特徴とする請求項 1 6 乃至 1 8 の何れか一項に記載のアレイ型光ファイバ等長化調整器。

【請求項 2 0】 請求項 1 乃至 1 3 の何れか一項に記載の光ファイバ等長化調整器を前記光信号導波路の各々に接続するように前記光導波路基板上に形成したことを特徴とする請求項 1 4 乃至 1 9 の何れか一項に記載のアレ

イ型光ファイバ等長化調整器。

【請求項 2 1】 希土類イオンを含む複数の光ファイバからなるアレイファイバアンプと、該アレイファイバアンプの一端に接続された遅延調整装置と、前記アレイファイバアンプの他端に接続された請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載の光ファイバ等長化調整器と、からなり、前記遅延調整装置は、  
光導波路基板と、  
少なくとも一つの励起光源と、  
複数の心線からなるテープファイバと、  
前記光導波路基板上に形成され、前記アレイファイバアンプと前記テープファイバとを接続する複数の光信号導波路と、  
前記光導波路基板上に形成され、前記光信号導波路と接続する複数の励起光導波路と、  
前記励起光源と前記励起光導波路とを接続する光ファイバと、  
前記光導波路基板上に形成され、前記光信号導波路と前記励起光導波路とをそれぞれ結合させる方向性結合器と、  
からなるものであるアレイ型光ファイバ等長化調整器。

【請求項 2 2】 光路長がそれぞれ異なる複数の遅延導波路から最適な遅延時間を有する 1 つの遅延導波路を選択し、  
その遅延導波路を経由して入力側導波路から出力側導波路へ光信号を透過させる光ファイバ等長化調整方法。

【請求項 2 3】 遅延導波路の屈折率変化に応じて、前記光信号が透過する遅延導波路を変更することを特徴とする請求項 2 2 に記載の光ファイバ等長化調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ通信分野における光ファイバアンプに関し、特に、複数の光ファイバを介して並列に伝達される光信号の伝達遅延時間が光ファイバ間で等しくなるように制御することができる光ファイバ等長化調整器及び光ファイバ等長化調整方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】光の高速性及び広帯域性を活かし、従来の電子的な交換機よりもさらにスループットを向上させる光 A T M 交換機が現在検討されている。このような光 A T M 交換機においては、情報の処理単位となるデータセルを光信号に変換した光セルを高速動作可能な光スイッチ用いて切り替えることにより、交換機としての機能が実現されている。

【0 0 0 3】このような光 A T M 交換機や、スーパーコンピュータのプロセッサ間あるいはプロセッサメモリ間接続への適用を目的とした大容量光スイッチの内部では、セル型あるいはパケット型の光信号が用いられる。このため、光スイッチ出力部に設置される光受信器には

クロック位相の非連続な光信号が到達するので、光受信器はこれを受信する機能を有していることが必要である。このとき、光スイッチの接続は、数  $nsec$  程度の、セル長（あるいはパケット長）に比較して十分に短い時間でセル毎（あるいはパケット毎）に切り替えられる。そのため、従来のパケット型伝送路に用いられていたパケットのプリアンプル部からの高速クロック抽出技術は適用不可能である。

【0004】このような数  $nsec$  程度の短時間での切り替えを伴うセル型光信号の受信を誤り無く行うためには、光スイッチ内部の送信器から受信器までを結ぶ全ての光ファイバ経路において、光信号の伝達経路長を全て等しくし、セルのクロック位相差の原因となるスキューを十分に小さく抑える必要がある。このため、光スイッチを構成する光部品に用いるファイバ長に対しては、精度の高い等長化が求められている。

【0005】このような等長化の例として、1996年電子情報通信学会通信ソサエティ大会、B-1076の図1に記載された光ファイバ等長化調整器がある。この光ファイバ等長化調整器においては、「Delay Line」として示されている可変光遅延線が光ファイバ長調整器として挿入され、各経路のファイバの等長化が図られている。この例においては、1経路当たり10Gbpsの光信号を伝達する場合に、同一クロックでの良好な光受信を行うために許容されるスキューを1ビットの幅（100ps）の10%以下とすると、スキューは10ps以下に抑圧する必要がある。光ファイバ中の伝達遅延はおよそ5ns/mである。これを光ファイバ長に換算すると、2mmに相当する。

【0006】さらに、これら光ATM交換機やスーパーコンピュータの内部では、これらに用いられる数Gbps超の高速信号を基板間あるいは架間において接続させるため、並列伝送型光インタコネクション技術が必須である。このような並列伝送型光インタコネクションの伝送路には、組立の容易性や実装体積の削減を目的として、複数のファイバをテープ状に束ねたアレイファイバが用いられる。

【0007】そして、低スキューでの並列伝達を実現するために、複数本のアレイファイバを一括してそれらの端面処理が行われる。このため、比較的等長化が容易な点で有望である。また、ファイバの損失や信号の分岐による光強度の減衰を補償するために、特開平7-162364号公報に記載されているように、稀土類イオンを添加したファイバアンプを用いたアレイファイバを用いることもできる。

【0008】しかし、現状の光ファイバ端のコネクタ製作あるいは光ファイバ端同士の融着接続技術では、単芯ファイバ及びアレイファイバともに、ある程度の誤差が生じることは避けられない。例えば、製作精度として、全長に対して1～2cmの誤差を認めない限りは、端面

研磨による損傷や融着時の気泡発生などに起因して、歩留まりが悪化し、コストが上昇する。そのため、アレイファイバのみの等長化は容易に可能ではあっても、製作精度の問題から、異なるアレイファイバ同士を等長化することは極めて困難である。すなわち、相対長精度は確保可能であるが、低コストで絶対長精度を満足することは困難であった。

【0009】また、稀土類イオンを添加した前記のアレイファイバアンプを用いる場合には、励起光の合流素子として用いる光カップラが、アレイ部の外部に各ファイバ毎に必要となる。このため、最終的にアレイファイバを等長化する場合には、改めてファイバ長調整器が必要となり、アレイファイバを用いることによる等長化の容易性や小型化というメリットを生かすことができない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】すなわち、従来の光ファイバ長調整器は次のような問題点を有している。第一の問題点は、光ATM交換機などの内部に用いられる数Gbps超クラスの光信号伝送を行う光スイッチに対して、経路間スキューの抑圧を行うことがコストの上昇を引き起こすことである。

【0011】その理由は、現在の光コネクタ製造時ににおいて、光ファイバの全長に対して数mmから2cm程度の誤差が発生する。この誤差は、コネクタライズする際に使用する接着剤の硬化時の収縮やズレにより発生する数mmの誤差と、コネクタ端面研磨時の損傷などにより光ファイバの端部を切断することによる1cm程度の全長の短縮とからなる。このような原因により、例えば10Gbpsの光信号を扱う場合に必要とする2mmのファイバ長精度を実現するためには、ファイバケーブル制作時の歩留まりの低さによるコスト上昇が大きくなることは避けることができない。

【0012】第二の問題点は、数Gbps超クラスの光信号を伝達する光スイッチ内部でのスキュー抑圧の微調整を行うために使用する光部品が遅延調整器の総体積の増加とコストの上昇とを引き起こすことである。異なる光ファイバ経路間の遅延量を補正するための可変光遅延調整器として、例えば、図17に示すような機械式の可変光遅延調整器がある。図17に示す可変光遅延調整器は、固定式のコリメートレンズ70と、固定式コリメートレンズ70に接続された入力側光ファイバ71と、固定式コリメートレンズ70に対向して配置されている可動式コリメートレンズ72と、可動式コリメートレンズ72に接続された出力側光ファイバ73と、可動式コリメートレンズ72を固定式コリメートレンズ70に対して軸線方向に移動させるコリメートレンズ移動機構74と、を備えている。コリメートレンズ移動機構74は、可動式コリメートレンズ72の移動方向に伸びるベース75と、ベース75上に支持され、外周にネジが切られている移動用シャフト76と、移動用シャフト76に螺

合し、可動式コリメートレンズ72を支持している支持ブロック77とからなる。

【0013】この可変光遅延調整器においては、移動用シャフト76を回転させることにより、その回転方向及び回転角度に応じて可動式コリメートレンズ72が所望の方向に所望の距離だけ移動する。この可動式コリメートレンズ72の移動により、ファイバ経路間の遅延量が補正される。しかしながら、この可変光遅延調整器では、コリメートレンズ移動機構74それ自体を収容するための容積と、移動用シャフト76の移動範囲を確保するための容積を必要とし、遅延調整器全体の大型化が避けられない。また、コリメートレンズ移動機構74の製作に要する分だけ、コストも上昇する。

【0014】第三の問題点は、図17に示した可変光遅延調整器を用いた場合、部品コストが上昇するのみならず、等長化を行うために必要な調整コストが上昇することである。その理由は、可変光遅延調整器を用いて等長化を行うためには、全光経路を始点から終点まで全て組み立てた後に、各光経路について、可変光遅延調整器の調整を行う必要がある。その主な理由は、第一の問題点で述べたように、光コネクタで区切られる光部品レベルでの等長化が困難な点にある。

【0015】各光経路を組み立てて調整を行う場合の一例を図18に示す。同図は可変光遅延調整器の一例のブロック図である。波長DEMUX80と波長MUX81とは複数の光導波路で接続されており、各光導波路にはそれぞれ光ゲート82と遅延調整器83とが組み入れられている。信号発生器84から発せられた数Gbpsの信号は多波長光送信器85により受信され、多波長光送信器85はそれに応じた波長多重信号光を波長DEMUX80に送信する。この波長多重信号光は一つの光導波路を透過した後、波長MUX81から選択信号光として光信号受信器・位相比較器86に出力される。

【0016】図18に示した可変光遅延調整器においては、実際の運用時に準拠した光信号を、光経路内に挿入される光アンプ（図示せず）や光ゲート82などの能動部品や、波長MUX81、波長DEMUX80又は光フィルタ（図示せず）などの光信号に対して波長特性を持つ部品に予め透過させる必要がある。このため、調整用の光信号送信源の出力強度や波長あるいは光信号変調方式などの制御が必要になる。

【0017】このように、光経路長調整において使用する光信号に対しても、遅延調整器毎の仕様を満たすことが必要とされる。その結果、光ファイバケーブルに代表される光強度や波長に依存しない光部品に対しては、部品レベルでの調整が可能な場合と比較して、量産効果によるコスト低減効果を期待できない。第四の問題点は、前述の稀土類イオンを添加したアレイファイバを用いた場合であっても、励起光の合流部を含めた、光信号の通過経路全体の等長化を行う場合には、可変光遅延調整器

が必要になりコストが上昇することである。

【0018】その理由は、稀土類イオンを添加したファイバの励起光合流部分には融着型光カプラを用いるため、各ファイバを単芯に分割する必要があるからである。単芯の融着型光カプラと稀土類イオン添加ファイバとは、コネクタにより接続されるか、あるいは、ファイバ融着により接続される（スプライス）。ここで、コネクタによる接続については、第一の問題点で述べたように、コネクタの製作精度が原因となって生じるファイバ長さの誤差が等長化の障害となる。また、ファイバ融着による接続では、接続点の気泡発生や、軸ズレによる損失増大を完全に回避することは不可能であり、また、融着の失敗によるファイバ端部の数cmの切断があり得るため、コネクタによる接続における問題と同様の等長化への障害がある。このため、稀土類イオンを添加したファイバのアレイ化により、一部の等長化が可能になったとしても、光信号の経路全体として見れば、何ら改善されない結果となっている。

【0019】上述した従来の可変光遅延調整器の他に、特開平3-268630号公報は、光ファイバ伝送路の第1の切り替え点と第2の切り替え点との間の線路を、遅延時間の変化を補償することにより、光信号の同期状態を保持しつつ、切り替え用線路に切り替える光ファイバ線路切り替え方法を提案している。また、特開平7-221708号公報は、波長に対する光ファイバ内の分散依存性を利用することにより、ノード内の起こり得る光経路の差による遅延を補償するためのATMセル同期方法及び装置を提案している。

【0020】さらに、特開平9-218314号公報は、分散補償量を選択することができる海底光ファイバケーブル用の最適分散補償装置を提案している。しかしながら、これらの公開公報に提案されている装置又は方法は何れも上述した問題点、特に、第一及び第三の問題点を解決し得るものではなく、光ファイバの等長化を十分に達成できるものではない。

【0021】本発明は以上のような従来の技術における問題点を鑑みてなされたものであり、数Gbps超クラスの光信号を伝達する光スイッチ内部のスキュー抑圧に要する部品コストを圧縮し、特に、全長を精密に指定したファイバケーブルのコネクタ組立における歩留まりを増大させることができる光ファイバ等長化調整器及び光ファイバ等長化調整方法を提供することを目的とする。

【0022】さらに、本発明は、数Gbps超クラスの光信号の伝達経路に対する1mmオーダーの等長化を微調整機構を用いずに行い、遅延調整器の小型化を実現することができる光ファイバ等長化調整器及び光ファイバ等長化調整方法器を提供することを目的とする。さらに、本発明は、並列伝送部分のファイバケーブル等長化を部品レベルで行うことにより、調整コストの圧縮を実現することができる光ファイバ等長化調整器及び光ファイ

10

20

30

40

50

イバ等長化調整方法を提供することを目的とする。

### 【0023】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため、本発明に係る光ファイバ等長化調整器は、入力側導波路と出力側導波路との間に光路長の異なる複数の遅延導波路を設定し、最適な遅延時間を有する遅延導波路を一つだけ選択し、信号光をその遅延導波路に透過させることにより、光ファイバの等長化を行うものである。

【0024】具体的には、本発明のうち、請求項1は、導波路基板と、該導波路基板上に形成されている光導波路回路とからなる光ファイバ等長化調整器であって、光導波路回路は、光路長のそれぞれ異なる複数の遅延導波路からなる遅延導波路群と、遅延導波路群と入力側光ファイバとを接続する入力側接続部と、遅延導波路群と出力側光ファイバとを接続する出力側接続部と、からなる光ファイバ等長化調整器を提供する。

【0025】遅延導波路間の光路長の差は、請求項2に記載されているように、遅延導波路の経路長の差として形成してもよく、あるいは、屈折率の差として形成してもよい。この場合、屈折率を変化させるためには、請求項4に記載されているように、遅延導波路を加熱し、その屈折率を可逆的に変化させるためのヒーターを設けることが好ましい。

【0026】遅延導波路群を構成する導波路の数は、請求項3に記載されているように、吸収されるべき光ファイバ長の誤差の関数として決められる。請求項5に記載されているように、遅延導波路群を構成する遅延導波路の各々には光信号の透過量を調整する透過量調整領域が形成されており、入力側接続部はこれらの透過量調整領域を調整し、光信号が1つの遅延導波路のみを透過し得るようにするものであることが望ましい。

【0027】また、請求項6に記載されているように、入力側導波路及び前記出力側導波路の一方又は双方は稀土類イオンを添加した導波路から構成することができる。この場合、光ファイバ等長化調整器は、入力側導波路又は前記出力側導波路を励起させる励起光を発する励起光源と、励起光を入力側導波路又は出力側導波路に合流させる合流器とをさらに備え、合流器は導波路基板上に形成されているものであることが好ましい。

【0028】請求項7に記載されているように、入力側接続部及び出力側接続部の一方もしくは双方又は遅延導波路の少なくとも何れか一つに信号光の経路を選択する手段を設けることが好ましい。この経路選択手段は、遅延導波路群から最適な遅延時間を持つ1つの遅延導波路を選択し、その遅延導波路を経由して入力側導波路から出力側導波路へ信号光を透過させることにより、信号光の透過遅延時間を調整するように機能する。

【0029】また、ファイバ等長化モジュールを組み込んだファイバパッチコードにおける光信号の伝達遅延時間を測定することにより、複数の遅延導波路から最適な

遅延導波路を選択し、光スイッチを構成する導波路のトリミングを行い、光スイッチを固定することもできる。具体的には、例えば、請求項8に記載されているように、入力側接続部及び出力側接続部の一方又は双方は、導波路の屈折率変化に応じて、遅延導波路を通過する経路を変更することができる光スイッチから構成することができる。

【0030】あるいは、請求項9に記載されているように、入力側接続部及び出力側接続部の一方又は双方は、入力側導波路又は出力側導波路と遅延導波路群との間で既に確立されている複数の接続の中から最適な遅延量となる唯一の経路をトリミングにより選択する光スイッチからなるものとしてすることができる。また、請求項10に記載されているように、入力側接続部及び出力側接続部の一方又は双方は、遅延導波路群から最適な遅延量となる唯一の接続を選択し、入力側導波路又は出力側導波路をトリミングすることにより導波路を形成する光スイッチから構成することもできる。

【0031】また、請求項11に記載されているように、入力側接続部及び出力側接続部の一方又は双方は、光信号の経路を変更した後に、その状態が恒常的に保持される形式の光スイッチとすることが好ましい。入力側接続部及び出力側接続部の一方又は双方は、請求項12に記載されているように、 $1 \times n$  光スイッチを多段に接続したものである構成することができる。

【0032】請求項13に記載されているように、遅延導波路群は、単位遅延時間の異なる粗調整用遅延導波路と微調整用遅延導波路とを直列に組み合わせたものとして構成することも可能である。また、本発明は以上述べた光ファイバ等長化調整器を用いたアレイ型光ファイバ等長化調整器をも提供する。

【0033】例えば、請求項14は、同一基板上に集積形成された複数の前述の光ファイバ等長化調整器と、複数の光ファイバをテープ化したアレイファイバと、からなり、光ファイバ等長化調整器の各々は光ファイバと一対一の関係で接続されているアレイ型光ファイバ等長化調整器を提供する。また、請求項15に記載されているように、アレイファイバとしては稀土類イオンを添加したファイバンプアレイを用いることができ、この場合、光源からファイバンプアレイへファイバンプアレイの励起光を導入する方向性結合器型合流部を等長化調整器と一体形成するようにすることができる。

【0034】請求項16は、稀土類イオンを含む複数の光ファイバからなるアレイファイバンプと、該アレイファイバンプの一端に接続された遅延調整装置とからなるアレイ型光ファイバ等長化調整器であって、遅延調整装置は、光導波路基板と、少なくとも一つの励起光源と、複数の心線からなるテープファイバと、光導波路基板上に形成され、アレイファイバンプとテープファイバとを接続する複数の光信号導波路と、光導波路基板上

に形成され、光信号導波路と接続する複数の励起光導波路と、励起光源と励起光導波路とを接続する光ファイバと、光導波路基板上に形成され、光信号導波路と励起光導波路とをそれぞれ結合させる方向性結合器と、からなるものであるアレイ型光ファイバ等長化調整器を提供する。

【0035】また、請求項 17 に記載されているように、前記遅延調整装置は、前記アレイファイバアンプの両端に接続することもできる。請求項 18 に記載されているように、励起光源を光導波路基板上に形成し、該励起光源を励起光導波路に直接接続させるようにすることもできる。また、請求項 19 に記載されているように、方向性結合器としてグレーティング反射器を用いることができる。

【0036】請求項 20 に記載されているように、アレイ型光ファイバ等長化調整器は、前述の何れかの光ファイバ等長化調整器を光信号導波路の各々に接続するように光導波路基板上に形成することにより、構成することができる。請求項 21 は、稀土類イオンを含む複数の光ファイバからなるアレイファイバアンプと、該アレイファイバアンプの一端に接続された遅延調整装置と、アレイファイバアンプの他端に接続された前述の何れかの光ファイバ等長化調整器と、からなるアレイ型光ファイバ等長化調整器であって、遅延調整装置は、光導波路基板と、少なくとも一つの励起光源と、複数の心線からなるテープファイバと、光導波路基板上に形成され、アレイファイバアンプとテープファイバとを接続する複数の光信号導波路と、光導波路基板上に形成され、光信号導波路と接続する複数の励起光導波路と、励起光源と励起光導波路とを接続する光ファイバと、光導波路基板上に形成され、光信号導波路と励起光導波路とをそれぞれ結合させる方向性結合器と、からなるアレイ型光ファイバ等長化調整器を提供する。

【0037】本発明のうち、請求項 22 は、光路長がそれぞれ異なる複数の遅延導波路から最適な遅延時間を有する 1 つの遅延導波路を選択し、その遅延導波路を経由して入力側導波路から出力側導波路へ光信号を透過させる光ファイバ等長化調整方法を提供する。請求項 23 に記載されているように、遅延導波路の屈折率変化に応じて、光信号が透過する遅延導波路を変更するようにすることができる。

【0038】

【作用】本発明によれば、等長化モジュール内部における遅延量がそれぞれ異なる遅延導波路の中から最適な遅延量を有する遅延導波路を選択することにより、ファイバコネクタ製造時に発生するファイバ誤差を吸収し、光信号の伝達における遅延時間が一定になるようにファイバパッチコードの全長を調整することが可能になる。

【0039】また、本発明によれば、パッチコードのファイバコネクタ製造時の端面研磨の失敗によるファイバ

長誤差による歩留まりの低下を防止することができる。また、従来の遅延調整器では、稀土類イオンを添加したファイバアンプはカプラなどの個別部品で構成していたため、伝達遅延時間の制御が非常に困難であったが、本発明によれば、稀土類イオンを添加したファイバアンプの全長を精度良く制御することが可能になる。

【0040】

【発明の実施の形態】

【0041】

10 【第一の実施形態】図 1 は、本発明の第一の実施形態に係る遅延調整器 00 を示す。図 1 に示す光ファイバ等長化調整器 00 は、導波路基板 01 と、導波路基板 01 上に形成されている光導波路回路とからなっている。導波路基板 01 は入力側光ファイバ 02 及び出力側光ファイバ 03 とそれぞれ接続されている。

20 【0042】光導波路回路は、光路長がそれぞれ異なる複数の遅延導波路 061 乃至 06n からなる遅延導波路群 06 と、入力側光ファイバ 02 と接続されている入力側導波路 02a と、出力側光ファイバ 03 と接続されている出力側導波路 03a と、遅延導波路群 06 と入力側導波路 02a とを接続する入力側接続部としての入力側分岐部 04 と、遅延導波路群 06 と出力側導波路 03a とを接続する出力側接続部としての出力側合流部 05 と、からなる。

30 【0043】入力側分岐部 04 は、光スイッチとしての機能を有しており、入力側光ファイバ 02 から入射された入力光を複数の遅延導波路 061 乃至 06n のうちの 1 本に導く。出力側合流部 05 は、入力側分岐部 04 と同様に、光スイッチとしての機能を有しており、遅延導波路群 06 からの光信号を出力側光ファイバ 03 に導く。

40 【0044】以上のような構成を有する本実施形態に係る光ファイバ等長化調整器は以下のように作動する。入力側光ファイバ 02 及び出力側光ファイバ 03 の先端には、それぞれ、コネクタ又は他の光モジュールが接続され、それらの端点間の長さとして光ファイバケーブルの全長が定義される。この光ファイバケーブルの全長は、これら光コネクタ又は他の光モジュールとの接続時の組立誤差により、所望の長さ精度に対しての誤差が発生する。この誤差に対して、光信号が通過する遅延導波路 06 を最適な遅延時間に設定することにより、所望の長さ精度に対する誤差を吸収することができる。

50 【0045】具体的には、光ファイバケーブル製造時の初期長さを遅延導波路によって調整できる幅の範囲内に設定し、コネクタ又は光モジュールとの組立を行う。その後、光スイッチとして機能する入力側分岐部 04 及び出力側合流部 05 を制御し、最適な遅延量を有する遅延導波路を遅延導波路群 06 から 1 つ選択する。これによって、コネクタ又は光モジュールとの組立時に発生するファイバケーブル長の誤差を吸収し、個々のファイバケ



ープルの全長を精度良く調整することができる。

#### 【0046】

【第一の実施形態の実施例】第一の実施形態の実施例の構成を図1を用いて説明する。入力側分岐部04及び出力側合流部05の内部を通過する光信号のビットレートを10Gbpsとする。同一クロックで位相を揃えて送信された複数の光セル（あるいはパケット）信号が異なる経路を通過した後、同一の受信機に到達する場合を想定する。この受信機が同一のクロックを用いて受信する場合、受信感度劣化量の増加を抑えるために許容される光セル間のスキューはおおよそ1ビットの10分の1程度である。この許容スキューの時間は10psに相当し、これを光ファイバ長さに換算すると2mmとなる。すなわち、光ファイバ長の誤差は約2mm（±1mm）以下であることが要求される。このため、各遅延導波路061乃至06nの光路長差は各々2mmステップで製作することになる。

【0047】遅延導波路群06を構成する遅延導波路061-06nの数nは、吸収されるべき光ファイバ長の誤差により決定される。例えば、光コネクタの組立において、片端で最大±2mmの誤差を許容すると、ファイバケーブル両端での誤差は最大±4mmとなる。このため、4本の遅延導波路061乃至064が必要となる（±4mm÷±1mm=4）。

【0048】ここで、導波路基板01としては、シリカ系石英ガラス基板、有機物系基板、LiNbO<sub>3</sub>基板、化合物半導体基板など、あらゆる光学系導波路材料からなる基板を用いることができる。また、導波路基板01に形成する遅延導波路群06の各遅延導波路061-06nにおける光路長差は、経路長の差又は屈折率の差として設けることが可能である。

【0049】次に、光スイッチとして機能する入力側分岐部04の構成を説明する。入力側分岐部04と出力側合流部05はともに導波路により構成された1×nの光スイッチから構成されている。かかる構成において、光ファイバを光コネクタに組み付け、さらに、調整した後、実際に遅延調整器の内部に実装した後の調整を不要と仮定すると、入力側分岐部04と出力側合流部05に用いる経路選択手段としての1×n光スイッチは実装後の制御などを必要としない固定的なものが適切である。そのためには、1×n光スイッチの接続状態の固定化が必要である。

【0050】このような1×n光スイッチの代表例として、図2に示すように、多段に接続した複数の1×2光スイッチがある。図2に示す多段接続光スイッチは、入力側光ファイバ041が第一の1×2光スイッチ042aに接続されており、第一の1×2光スイッチ042aはさらに一対の第二の1×2光スイッチ042bに接続されている。一対の第二の1×2光スイッチ042bの各々には2個ずつの遅延導波路が接続されている。

【0051】1×n光スイッチの接続状態を固定する手段としては、加熱によって遅延導波路及びその近傍に歪みを生じさせ、又は、遅延導波路へ不純物を添加することによって、恒常的に屈折率の変化を維持しておく手段がある。加熱による歪み生成手段としては、導波路基板01への大出力レーザ光の照射、あるいは、導波路基板01上の遅延導波路061-06nの近傍に形成したヒータの使用などがある。

【0052】図3は、図1に示した第一の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器00を用いた光パッチコードの一例を示す。図3に示した光パッチコードは、図1に示した光ファイバ等長化調整器00と、光ファイバ等長化調整器00に接続された入力側光ファイバ02及び出力側光ファイバ03と、入力側光ファイバ02及び出力側光ファイバ03にそれぞれ接続された電極021、031と、からなっている。

【0053】このような光パッチコードにおいては、遅延調整器00へ入力側光ファイバ02及び出力側光ファイバ03を接続した後に導波路基板01を封止し、モジュール構造とした場合、電極021、031をモジュール外部に導出し、電源を電極021、031に接続させることにより、導波路基板01の加熱が可能である。このため、導波路基板01の封止を含めた光パッチコード全体の製造と、光パッチコード全長の調整とを別工程において行うことができるため、ヒータを用いて導波路基板01を加熱する方法は低コスト化に有利である。

【0054】図3に示した光パッチコードにおいてファイバ全長の調整を行う場合の手順を図4を参照し説明する。図4は、光ファイバ等長化調整器00の遅延導波路群06の中から最適な遅延量を有する遅延導波路を選択するための遅延調整器の一例を示す。この遅延調整器は、光ファイバ等長化調整器00と、光ファイバ等長化調整器00に接続された入力側光ファイバ02及び出力側光ファイバ03と、入力側光ファイバ02に接続されている短パルス発生器21と、出力側光ファイバ03に接続されている波形観測器22とからなる。

【0055】この遅延調整器は以下のように作動する。短パルス発生器21から出力される光短パルス24は入力側光ファイバ02に入射され、光ファイバ等長化調整器00を経て、出力側光ファイバ03からパルス列25として出力される。このパルス列25は波形観測器22により観測される。

【0056】短パルス発生器21から波形観測器22には同期信号23が発せられている。複数のパルス列25は同期信号23を基準として相互に比較され、この比較によって、遅延導波路群06の中から最適な遅延導波路が選択される。例えば、遅延導波路群06の各遅延導波路061-06nにおける光路長差が2mmステップである場合、前述のように、その時間差は10psに相当する。このため、パルス幅が10ps以下であ

る光パルスを入力側光ファイバ 0 2 から入射すると、出力側光ファイバ 0 3 からは、遅延導波路 0 6 1 - 0 6 n の数と等しい n 個の連続した光パルス列が 1 0 p s e c 間隔で得られる。この光パルス列から、必要とする光パッチコード全長に相当する遅延時間に最も近い遅延時間を有する光パルスを選ぶと、その光パルスに対応する一つの遅延導波路を特定することができる。

【0057】その後、YAG レーザなどの高出力レーザ光の照射又はヒータでの加熱によって、光スイッチとしての入力側分岐部 0 4 と出力側合流部 0 5 とを所望の遅延経路に固定する。この他、光スイッチとしての入力側分岐部 0 4 と出力側合流部 0 5 との制御にヒーターを用いた場合には、光短パルス 2 4 を用いなくても、入力側分岐部 0 4 と出力側合流部 0 5 との調整が可能である。

【0058】例えば、1 0 G b p s の NRZ で変調された連続的な光信号を用いて、その波形を観測することにより、1 0 p s e c の遅延時間の差を観測することが可能である。導波路基板 0 1 上に作成したヒーターを連続的に弱く加熱することにより、各遅延導波路 0 6 1 - 0 6 n に可逆的な屈折率変化を起し、光スイッチとしての入力側分岐部 0 4 及び出力側合流部 0 5 を一時的に切り替えることができる。

【0059】そこで、1 0 G b p s の連続光信号を光パッチコードに入射し、出力側合流部 0 5 で得られる透過光信号の遅延時間が最適となるような遅延導波路の経路を光スイッチ（入力側分岐部 0 4 と出力側合流部 0 5）を切り替えることにより選定する。その後、ヒータによる加熱量を増大させることにより、不可逆な屈折率変化を発生させ、最適経路となるように光スイッチを固定する。このような方法を用いることにより、遅延調整器内へのファイバ実装後の調整も可能となる。

【0060】なお、このような 1 × n 光スイッチを入力側分岐部 0 4 と出力側合流部 0 5 に適用することにより、入力された光信号の全パワーは唯一の遅延導波路を経由して出力されることになるため、光信号のパワーは原理的には無損失である。図 1 に示した光ファイバ等長化調整器 0 0 及び上述の可逆的な光スイッチを用いて遅延導波路を選択する遅延調整器の一例を図 5 に示す。

【0061】図 5 に示すように、光ファイバ等長化調整器 0 0 は同一遅延調整器内に実装される光送信器 2 1 1 と光受信器 2 2 1 とを接続する光ファイバ経路の中に組み込まれている。すなわち、光ファイバ等長化調整器 0 0 は、入力側光ファイバ 0 2 を介して光送信器 2 1 1 と接続し、出力側光ファイバ 0 3 を介して光受信器 2 2 1 と接続している。光ファイバ等長化調整器 0 0 の、入力側分岐部 0 4 と出力側合流部 0 5 を構成する 1 × n 光スイッチとしては、可逆的な切り替えが可能な光スイッチが用いられている。これらの 1 × n 光スイッチは光スイッチ制御回路 2 6 により制御される。

【0062】信号発生器 2 1 から発せられた入力光信号

は、光送信器 2 1 1 及び光ファイバ等長化調整器 0 0 を経て、光受信器 2 2 1 から出力信号 2 2 4 として出力される。ビット位相抽出回路 2 2 2 は出力信号 2 2 4 から入力光信号のビット位相を抽出し、この位相を表す信号を遅延差検出回路 2 2 3 に送信する。遅延差検出回路 2 2 3 はこの信号を、信号発生回路 2 1 から発せられる基準信号 2 3 と比較し、ビット位相差すなわち遅延差の変動を検出する。遅延差検出回路 2 2 3 で検出された遅延差の変動量は光スイッチ制御回路 2 6 に伝えられ、光ファイバ等長化調整器 0 0 の遅延量が最適な値に制御される。例えば、遅延差検出回路 2 2 3 で検出された遅延差が許容値を越えた場合には、光スイッチ制御回路 2 6 が光ファイバ等長化調整器 0 0 の光スイッチを切り替える。これによって、ファイバ長の変動が補償される。

【0063】コネクタ組立時における端面研磨の異常などを原因とする歩留まりの低下を吸収するためには、コネクタ組立を失敗した時に切断されるファイバの切断量を吸収する必要がある。例えば、SC コネクタの場合を例にとると、再組立時に切断するファイバ長さはおよそ 1 5 mm である。上述の実施例において説明した 2 mm ステップ (± 1 mm) の遅延調整導波路の構造を用いてこのような大きな誤差を吸収するためには、組立誤差の吸収に必要な 4 本の遅延導波路と合わせ、1 2 本の遅延導波路が必要となる。

【0064】導波路基板上に構成した光スイッチは原理的には無損失であるが、実際には、1 × 2 光スイッチ単位毎に過剰損失が発生するため、光スイッチの分岐数の増大に伴って、損失も大きくなるという問題が考えられる。この損失の増大に対しては、図 6 に示すような光ファイバ等長化調整器 0 0 を用いることができる。図 6 に示す光ファイバ等長化調整器 0 0 における遅延導波路群 0 6 a は粗調整用遅延導波路群 0 6 C と微調整用遅延導波路群 0 6 F との組み合わせからなる。すなわち、2 段構成の遅延導波路群を形成することにより、損失の増大を回避することが可能である。粗調整側遅延導波路群 0 6 C は、コネクタの再組立時に切断する約 1 5 mm のファイバ長さに対する遅延を補償する。微調整側遅延導波路群 0 6 F はコネクタ組立誤差を吸収する。微調整側遅延導波路群 0 6 F は、図 1 に示した光ファイバ等長化調整器 0 0 における遅延導波路群 0 6 と同様の 2 mm ステップの複数の遅延導波路からなる。

【0065】図 7 は光ファイバ等長化調整器 0 0 の他の実施例を示す。この光ファイバ等長化調整器 0 0 においては、入力側光ファイバとして、稀土類イオンを添加したファイバアンプ 1 2 が用いられている。稀土類イオンを添加したファイバアンプ 1 2 は出力側光ファイバ 0 3 として用いることも可能である。例えば、入力側光ファイバを稀土類イオン添加ファイバアンプ 1 2 から構成する場合には、稀土類イオン添加ファイバアンプ 1 2 を励起するために励起光源を用いることが必要である。しか

しながら、この励起光源から発せられる励起光と、入力側導波路 0 2 a (図 1 参照) を透過する光信号とを合流させる際に、等長化の誤差が発生するという問題がある。

【0 0 6 6】図 8 は、この誤差を回避するための遅延調整器の一例である。図 8 に示すように、遅延導波路群 0 6 は入力側導波路 1 6 を介して入力側光ファイバとしての稀土類イオン添加ファイバアンプ 1 2 と接続している。励起光源 1 1 から発せられる励起光は光ファイバ 1 1 a を透過し、導波路 1 3 に進入する。導波路 1 3 は、導波路基板上に形成されている合流器 1 4 を介して、入力側導波路 1 6 と合流している。このため、導波路 1 3 を透過する励起光は合流器 1 4 において入力側導波路 1 6 を透過する光信号と合流する。

【0 0 6 7】このような構成を有する遅延調整器によって、上記の等長化の誤差の問題を回避することができる。入力側分岐部 0 4 と出力側合流部 0 5 に用いられる光スイッチの一例を図 9 に示す。入力側導波路 0 4 1 から入力された光信号は入力側分岐部 0 4 3 において各遅延導波路 0 6 1 - 0 6 n に分岐される。各遅延導波路 0 6 1 - 0 6 n の経路上には、光信号の透過量を調整する透過量調整領域 0 7 1 - 0 7 n が設けられている。これらの透過量調整領域 0 7 1 - 0 7 n を調整することにより、1 本の遅延導波路だけを透過状態にする。

【0 0 6 8】このような構成を有する光スイッチを入力側分岐部 0 4 及び出力側合流部 0 5 の少なくとも何れか一方に用いることによって、光ファイバ等長化調整器を構成することが可能である。透過量調整領域 0 7 1 - 0 7 n における光信号の透過量の調整は、前記実施例で説明したように、高出力レーザ光照射やヒータによる熱的な屈折率変化を利用することにより行うことができる。また、各遅延導波路 0 6 1 - 0 6 n を特開平 3 - 7 1 1 1 5 号公報に提案されている稀土類イオン添加による導波路型光ファイバアンプとして構成したり、あるいは、特開平 1 - 2 5 3 7 1 8 号公報に提案されている方法を用いて、半導体光アンプを各遅延導波路 0 6 1 - 0 6 n の途中に挿入し、励起光又は電流の注入又は遮断により、透過量調整領域 0 7 1 - 0 7 n における光信号の透過量を制御することも可能である。

【0 0 6 9】図 1 0 は、図 1 に示した光ファイバ等長化調整器 0 0 をアレイファイバへ適用した遅延調整器の一例を示す。図 1 0 に示した遅延調整器は、導波路基板 0 1 と、導波路基板 0 1 上に形成された複数の図 1 に示した光ファイバ等長化調整器 0 0 と、複数の光ファイバ 0 2 1 - 0 2 n をテープ化したアレイファイバ 0 2 T と、からなる。光ファイバ等長化調整器 0 0 の各々は光ファイバ 0 2 1 - 0 2 n と一対一の関係で接続されている。

【0 0 7 0】すなわち、本遅延調整器は、光ファイバ 0 2 1 - 0 2 n と光ファイバ等長化調整器 0 0 をともにア

レイ化したものであり、光ファイバをアレイ化したアレイファイバ 0 2 T にアレイ化した光ファイバ等長化調整器 0 0 を接続している。なお、本遅延調整器の構成はこれまでに説明した実施例に係る全ての光ファイバ等長化調整器に対して適用可能である。

【0 0 7 1】

【第二の実施の形態】図 1 1 は本発明の第二の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器を示す。本実施形態に係る光ファイバ等長化調整器はアレイ型光ファイバ等長化調整器を構成している。本実施形態に係るアレイ型光ファイバ等長化調整器は、稀土類イオンを含む複数の光ファイバ 1 2 1 - 1 2 n からなるアレイファイバアンプ 1 2 T と、アレイファイバアンプ 1 2 T の一端に接続された遅延調整装置と、からなる。

【0 0 7 2】アレイファイバアンプ 1 2 T の他端はコネクタ 1 8 1 に形成されている。遅延調整装置は、光導波路基板 1 0 と、複数の励起光源 1 1 と、複数の心線 1 6 3 からなり、一端がコネクタ 1 8 2 に形成されているテープファイバ 1 6 3 T と、光導波路基板 1 0 上に形成され、ともにアレイ化されたアレイファイバアンプ 1 2 T とテープファイバ 1 6 3 T とを接続する複数の入力側光信号導波路 1 6 1 及び出力側光信号導波路 1 6 2 と、光導波路基板 1 0 上に形成された複数の励起光導波路 1 3 と、励起光源 1 1 と励起光導波路 1 3 とを接続する、複数の光ファイバ 1 2 からなるアレイファイバアンプ 1 2 U と、光導波路基板 1 0 上に形成され、入力側光信号導波路 1 6 1 と出力側光信号導波路 1 6 2 と励起光導波路 1 3 とをそれぞれ結合させる方向性結合器 1 4 と、からなる。

【0 0 7 3】光信号は、稀土類イオン添加ファイバ 1 2 T から入射され、入力側光信号導波路 1 6 1 及び出力側光信号導波路 1 6 2 を経て、テープファイバ 1 6 3 T から出力される。本アレイ型光ファイバ等長化調整器においては、原理的には、光信号は双方向に伝達可能であり、入出力の方向性は存在しない。稀土類イオン添加ファイバ 1 2 T を励起するための励起光は、励起光源 1 1 から出射され、励起光導波路 1 3 を通過し、励起光合流部としての方向性結合器 1 4 から光信号導波路 1 6 1 に合流し、稀土類イオン添加ファイバ 1 2 T に入射される。

【0 0 7 4】次いで、図 1 1 に示したアレイ型光ファイバ等長化調整器の一実施例を以下に述べる。光導波路基板 1 0 に  $250\mu\text{m}$  間隔で複数の入力側光信号導波路 1 6 1 及び出力側光信号導波路 1 6 2 を形成し、入力側光信号導波路 1 6 1 の一端には、 $250\mu\text{m}$  間隔でテープ化された複数のエルビウムドープファイバ (以下「テープ EDF」と呼ぶ) 1 2 T と、出力側光信号導波路 1 6 2 の反対端には、同じく  $250\mu\text{m}$  間隔でテープ化された複数の通常のテープファイバ 1 6 3 T をそれぞれ接続した。入力側光信号導波路 1 6 1 及び出力側光信号導波

10

20

30

40

50

路 162 の両端に接続された光ファイバは規定の長さに切断され、それら光ファイバの端部は、それぞれ多芯コネクタ 181、182 又は単芯コネクタとして加工されている。

【0075】光導波路基板上 10 の各入力側及び出力側光信号導波路 161、162 には、それぞれ、波長依存性を有する方向性結合器 14 が結合されており、方向性結合器 14 には、励起光導波路 13 に接続された光ファイバ 12 と励起光源 11 とが接続されている。方向性結合器 14 は、1.55  $\mu$ m の光信号を入力側光信号導波路 161 から出力側光信号導波路 162 へ、あるいは、その逆方向に通過させる。励起光源 11 から出力された励起光は励起光導波路 13 を介して方向性結合器 14 へ入射し、入力側光信号導波路 161 へ出射される。

【0076】第二の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器の第二の例を図 12 に示す。図 11 に示した光ファイバ等長化調整器においては、テープ EDF 12 T の一端は多芯コネクタ 181 が形成され、他端において遅延調整装置が接続されていたが、図 12 に示す第二の例においては、テープ EDF 12 T の両端に遅延調整装置が左右対称に接続されている。本例における遅延調整装置の構成は図 11 に示した遅延調整装置の構成と同一である。ただし、励起光源 11 と励起光導波路 13 とを接続する光ファイバ 12 はアレイ化されていない。

【0077】図 13 は、図 11 に示したアレイ型光ファイバ等長化調整器の第一の変形例である。本変形例における励起光源 11 は、図 11 に示したアレイ型光ファイバ等長化調整器における励起光源 11 と異なり、光導波路基板 10 上に実装され、直接、励起光導波路 13 とされている。このため、本変形例においては、励起光源 11 と励起光導波路 13 とを接続していた光ファイバ 12 は設ける必要がなくなっている。

【0078】図 14 は、図 11 に示したアレイ型光ファイバ等長化調整器の第二の変形例である。本変形例においては、第一の変形例と同様に、励起光源 11 は光導波路基板 10 上に実装されているとともに、励起光源 11 からの励起光を入射光と合流させる方向性結合器 14 を、導波路基板 10 上に形成したグレーティング反射器 14 G を用いて、反射型とした構成である。グレーティング反射器 14 G を用いることにより、方向性結合器 14 の部分の導波路長を半分に短縮することが可能となり、光導波路基板 10 を小型化することが可能になる。

【0079】図 15 は、図 11 に示したアレイ型光ファイバ等長化調整器の第三の変形例である。本変形例に係るアレイ型光ファイバ等長化調整器においては、各遅延導波路上に、例えば、図 1 に示した光ファイバ等長化調整器 00 が形成されている。これ以外の構成は、図 14 に示した第二の変形例に係るアレイ型光ファイバ等長化調整器と同様である。

【0080】図 16 は、図 11 に示したアレイ型光ファ

イバ等長化調整器の第四の変形例である。図 16 に示す第四の変形例においては、テープ EDF 12 T の一端には、図 13 に示した遅延調整装置と同様の遅延調整装置が接続されており、テープ EDF 12 T の他端には、導波路基板 01 上に形成された複数の光ファイバ等長化調整器 00 が接続されている。

【0081】

【発明の効果】以上のように、本発明は次のような効果を奏する。第一の効果は、数 Gbps 超クラスの光信号を用いた光セル（あるいはパケット）スイッチの伝送路において、スキュー抑圧に要する部品コストを低減することができる点である。

【0082】その理由は、単純な構造で経路長のトリミングが可能な光導波路素子を組み合わせることにより、1mm 程度の精度をもって全長が指定されているコネクタ付きファイバケーブルを組み立てる時点における長さの精度外れによる歩留まり低下を大幅に抑制することができるためである。第二の効果は、数 Gbps 超クラスの光信号を用いた光セル（あるいはパケット）スイッチの伝送路において、スキュー抑圧に要する遅延調整器の小型化を実現することができる点である。

【0083】その理由は、機械的な可変微調整機構を廃し、経路長をトリミングにより調整し、かつ、製造時にその経路長を固定する光導波路素子を用いるためである。第三の効果は、光ファイバケーブルあるいは光ファイバ付き光モジュールのファイバ長調整のコストを圧縮することができる点である。その理由は、各光部品毎に単独調整が可能となり、光経路全体の組立後に調整する場合に比較し、調整用光信号の特性に対する、波長、光強度、信号形式などの要求が大幅に緩和されるためである。

【0084】第四の効果は、アレイ化ファイバアンプ全長の制御が可能となる点である。複数の光コンポーネントから構成されるため、従来は、1mm 単位でのファイバ長の制御が困難であったが、本発明によれば、稀土類イオンを添加したアレイ化ファイバアンプに対しても、等長化を目的として、アレイ化ファイバアンプ全長の制御が可能となる。

【0085】その理由は、従来は、励起光の合流を行うために各ファイバアンプ毎に個別のファイバコブラを接続していたが、本発明においては、遅延導波路上に、アレイ化した方向性結合器を用いて、励起光合流部を形成するためである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器を示す概略図である。

【図 2】光スイッチとしての入力側分岐部の構成を示す図である。

【図 3】本発明の第一の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器を応用した光パッチコードの全体構成を示す平

10

20

30

40

50

21

面図である。

【図 4】図 1 に示した光ファイバ等長化調整器を用いて遅延調整を行う装置の一例のブロック図である。

【図 5】図 1 に示した光ファイバ等長化調整器を用いて遅延調整を行う装置の他の例のブロック図である。

【図 6】本発明の第一の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器の変形例の構成を示す概略図である。

【図 7】本発明の第一の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器の変形例の構成を示す概略図である。

【図 8】本発明の第一の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器の変形例の構成を示す概略図である。

【図 9】光スイッチを構成する入力側分岐部の一構成例を示す概略図である。

【図 10】本発明の第一の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器の応用例の構成を示す概略図である。

【図 11】本発明の第二の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器を示す概略図である。

【図 12】本発明の第二の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器の変形例の構成を示す概略図である。

【図 13】本発明の第二の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器の変形例の構成を示す概略図である。

【図 14】本発明の第二の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器の変形例の構成を示す概略図である。

【図 15】本発明の第二の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器の変形例の構成を示す概略図である。

【図 16】本発明の第二の実施形態に係る光ファイバ等長化調整器の変形例の構成を示す概略図である。

【図 17】従来の光ファイバ等長化調整器の構成を示す概略図である。

【図 18】光ファイバ等長化調整器の一例を示すブロック図である。

【符号の説明】

0 0 光ファイバ等長化調整器

0 1 導波路基板

22

0 2 入力側光ファイバ

0 2 a 入力側導波路

0 2 T アレイファイバ

0 3 出力側光ファイバ

0 3 a 出力側導波路

0 4 入力側分岐部

0 5 出力側合流部

0 6 遅延導波路群

0 6 1 - 0 6 n 遅延導波路

0 6 C 粗調整用遅延導波路群

0 6 F 微調整用遅延導波路群

0 7 透過量調整領域

1 0 光導波路基板

1 1 励起光源

1 2 稀土類イオン添加ファイバアンプ

1 2 T アレイファイバアンプ

1 3 励起光導波路

1 4 方向性結合器

1 4 G グレーティング反射器

2 1 短パルス光源

2 2 波形観測器

2 3 同期信号

2 4 光短パルス

2 5 光短パルス列

2 6 光スイッチ制御回路

1 6 1 入力側光信号導波路

1 6 2 出力側光信号導波路

1 6 3 T テープファイバ

1 8 1 アレイコネクタ

1 8 2 アレイコネクタ

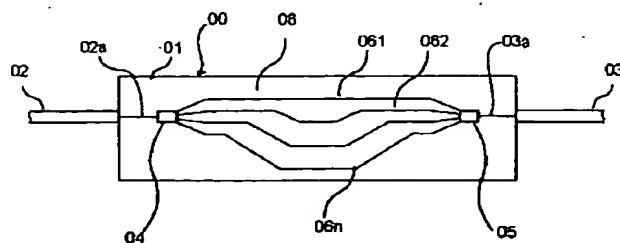
2 1 1 光送信器

2 2 1 光受信器

2 2 2 ビット位相抽出回路

2 2 3 遅延差検出回路

【図 1】



00: 光ファイバ等長化調整器

01: 導波路基板

02: 入力側光ファイバ

03: 出力側光ファイバ

02a: 入力側導波路

03a: 出力側導波路

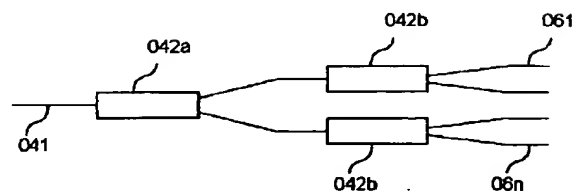
04: 入力側分岐部

05: 出力側合流部

06: 遅延導波路群

061-06n: 遅延導波路

【図 2】



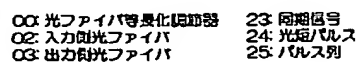
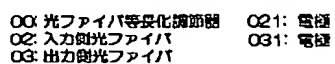
041: 入力側光ファイバ

042a: 第一の 1×2 光スイッチ

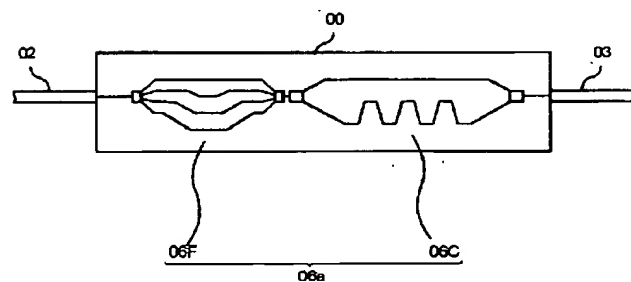
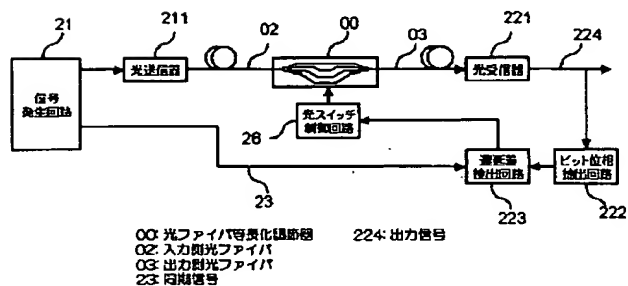
042b: 第二の 1×2 光スイッチ

061-06n: 遅延導波路

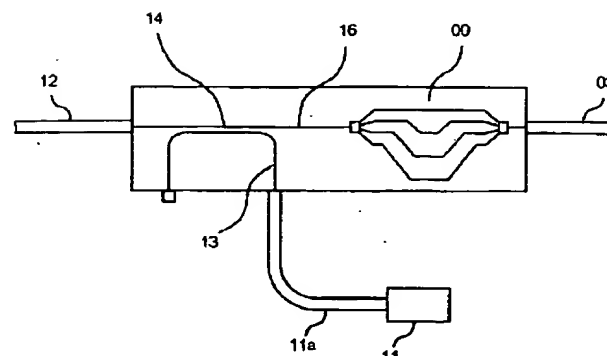
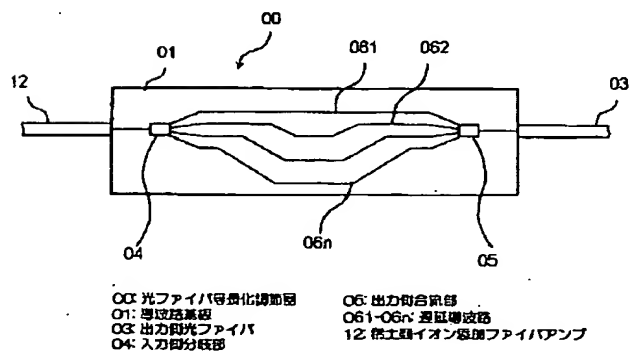
【図 4】



【図 6】

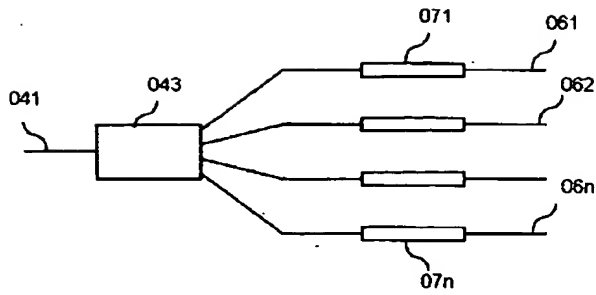


【图 8】



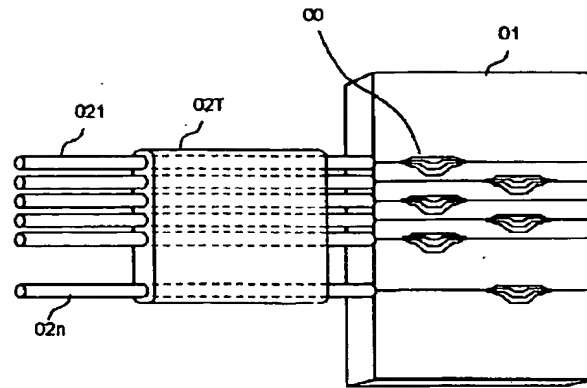
00: 光ファイバ等長化補助費	13: 導波路
03: 出力側光ファイバ	14: 合波器
11: 回路光線	15: 入力側導波路
11a: 光ファイバ	
12: 積土型イオン注入ファイバアンプ	

【図 9】



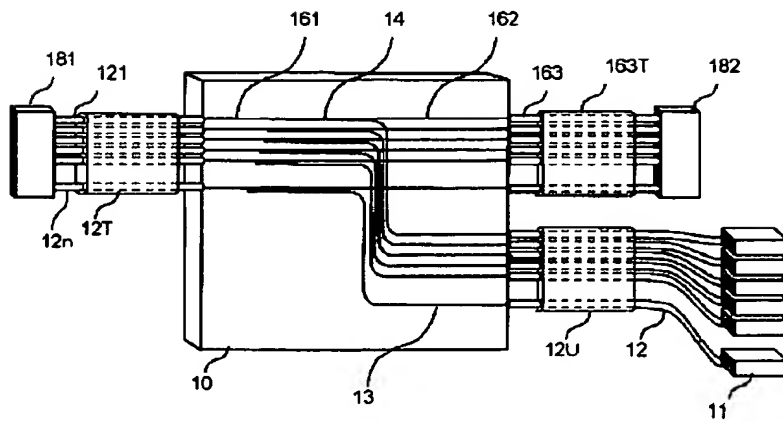
041: 入力信号線  
 043: 入力信号分岐部  
 071-07n: 遅延量調整領域  
 061-06n: 遅延導波路

【図 10】



00: 光ファイバ等長化調整器  
 01: 導波路基板  
 021-02n: 光ファイバ  
 02T: アレイファイバ

【図 11】

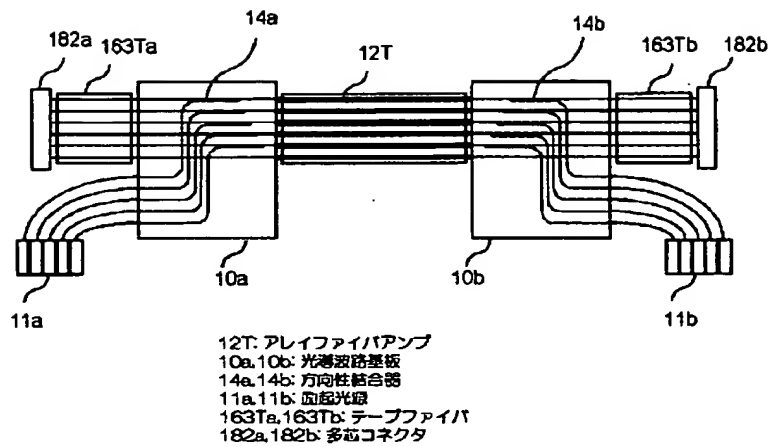


10: 光導波路基板  
 11: 波長光波  
 12: 光ファイバ  
 12U: アレイファイバアンプ

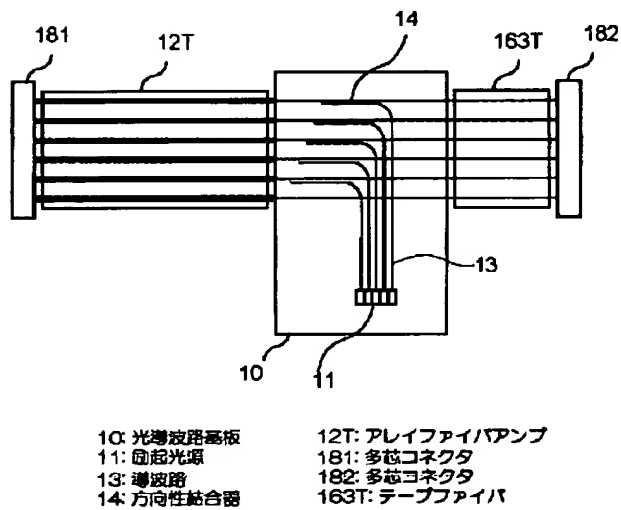
121-12n: 光ファイバ  
 12T: アレイファイバアンプ  
 13: 導波路  
 14: 方向性結合器  
 161: 入力側光信号導波路  
 162: 出力側光信号導波路

163: 光ファイバ  
 163T: テープファイバ  
 181: 多芯コネクタ  
 182: 多芯コネクタ

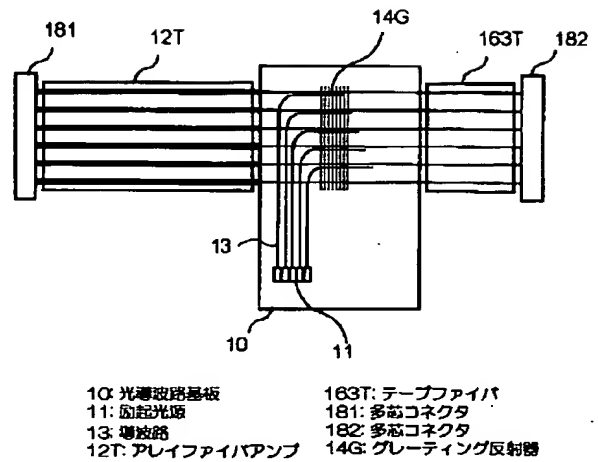
【図 12】



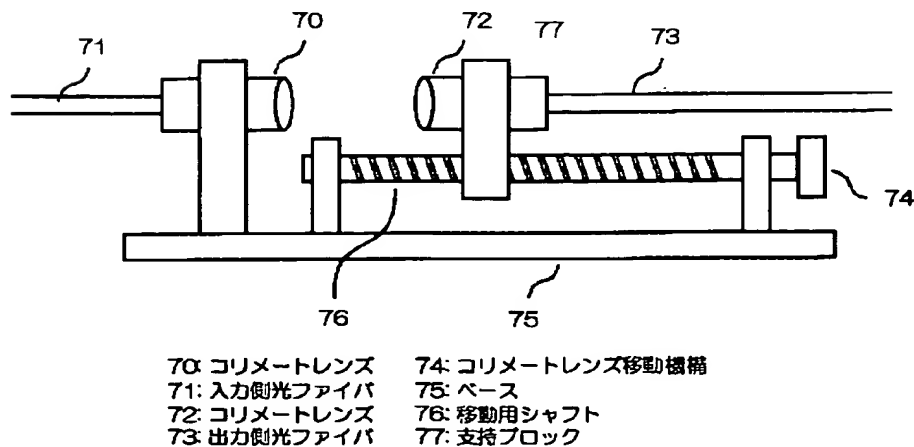
【図 13】



【図 14】

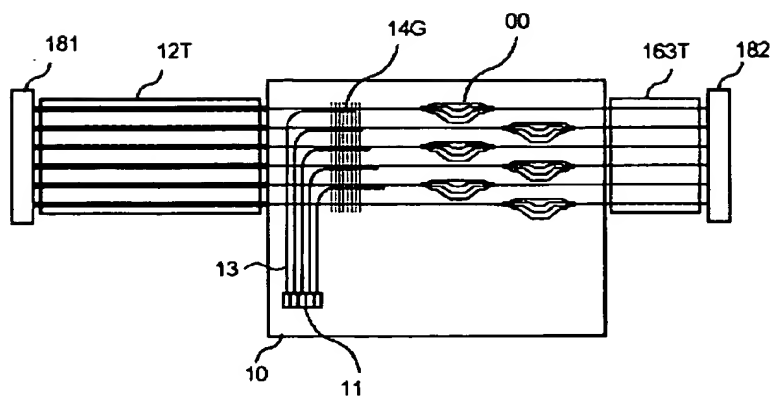


【図 17】





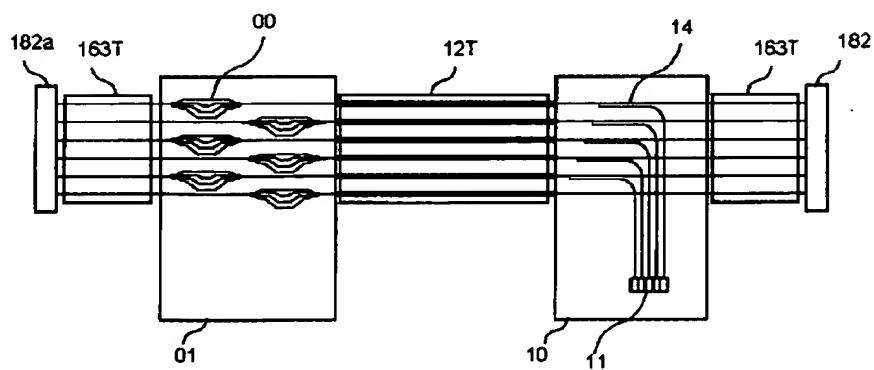
【図 1 5】



00: 光ファイバ等長化調整器  
10: 光導波路基板  
11: 励起光源  
13: 導波路  
12T: アレイファイバアンプ  
14G: グレーティング反射器

163T: テープファイバ  
181: 多芯コネクタ  
182: 多芯コネクタ

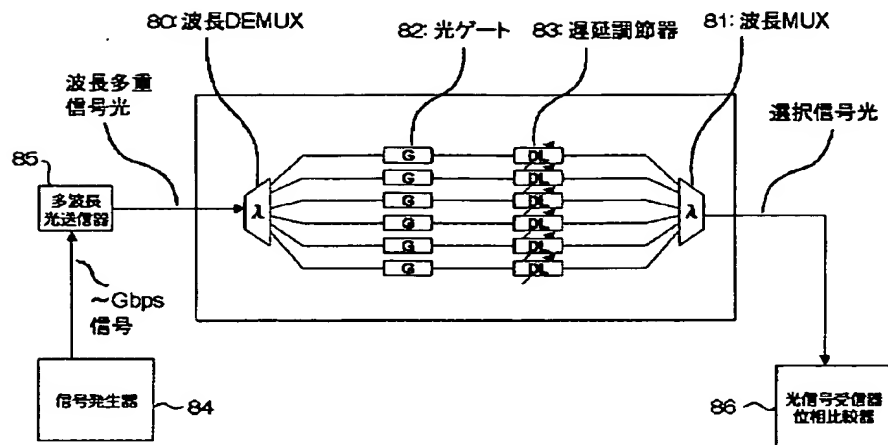
【図 1 6】



00: 光ファイバ等長化調整器  
01: 導波路基板  
10: 光導波路基板  
11: 励起光源

12T: アレイファイバアンプ  
14: 方向性結合器  
163T: テープファイバ  
182: 多芯コネクタ  
182a: 多芯コネクタ

【図 1 8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 4 B 10/12

(72) 発明者 田島 章雄  
 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株  
 式会社内

(72) 発明者 前野 義晴  
 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株  
 式会社内

(72) 発明者 逸見 直也  
 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株  
 式会社内